

## Considérations sur l'utilisation de pyréthrinoides en culture cotonnière au Tchad

A. Renou<sup>1</sup> et J. Aspirot<sup>2</sup>

1. Entomologiste, B.P. 33, Maroua (Cameroun).  
2. Entomologiste, Station de Bébedjia, B.P. 31, Moundou (Tchad).

### RÉSUMÉ

Depuis 1976, les pyréthrinoides sont expérimentés au Tchad pour la protection insecticide de la phase fructifère du cotonnier ; ces matières actives se révèlent excellentes vis-à-vis des déprédateurs présents (*H. armigera* et *D. watersi*), mais la production de coton-graine obtenue ne reflète pas cette efficacité. Les pyréthrinoides assurent une très bonne protection des premiers organes fruitiers formés : ils donnent une grande production à la base du plant, favorisant ainsi la précocité. Ce phénomène réduit les possibilités de production ultérieure, aboutissant à une

faible « production de tête ». Ce mécanisme de régulation, engendré par une trop bonne protection en début de cycle, fait que les pyréthrinoides utilisés seuls n'assurent pas les rendements attendus du fait de leur efficacité. Toutefois, si l'explication physiologique nous semble essentielle, l'inefficacité des pyréthrinoides vis-à-vis d'un certain nombre de déprédateurs (notamment *A. gossypii*, *B. tabaci* et *P. latus*) intervient également pour expliquer cette contradiction qui apparaît surtout dans de bonnes conditions de culture.

MOTS CLÉS : cotonnier, pyréthrinoides, production, Tchad.

### INTRODUCTION

Au Tchad, la protection phytosanitaire de la culture cotonnière est assurée par quatre à cinq applications insecticides à quatorze jours d'intervalle à partir du quarante-cinquième jour après la levée. Dans un premier temps, les matières actives employées étaient des organochlorés associés à des organophosphorés (insecticides de première génération) mais, à partir de 1976, des pyréthrinoides de synthèse ont été uti-

lisés seuls ou en association avec des organophosphorés. Dès l'origine, en les utilisant seuls, nous avons relevé une contradiction entre leur excellente efficacité contre les deux principaux ravageurs existants (*Heliothis armigera* Hübn. et *Diparopsis watersi* Roth.) et la production de coton-graine. L'expérimentation conduite de 1976 à 1982 nous a permis d'expliquer cette contradiction.

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

Depuis 1976, un certain nombre de matières actives appartenant à la famille des pyréthrinoides ont été expérimentées sur la Station de Bébedjia et dans un réseau d'essais régionaux. La liste de ces matières actives et les années d'expérimentation respectives sont données ci-dessous :

Matières actives	1976	1977	1978	1980	1981	1982
deltaméthrine	X	X	X	X	X	X
fenvalérate		X	X	X	X	X
perméthrine		X	X	X	X	X
cyperméthrine			X	X	X	X
cyperméthrine high cis				X	X	X
alphaméthrine					X	X
vivithrine					X	
cyfluthrine					X	X
trallométhrine					X	

Toutes ces matières actives utilisées seules ont été comparées soit entre elles, soit à des associations d'organochlorés et d'organophosphorés ; cependant, à partir de 1980, en raison des lacunes présentées par les pyréthrinoides dans leur spectre d'efficacité, on leur a associé des organophosphorés. Au total, cinquante et un essais statistiques, réalisés en plein champ et portant sur les pyréthrinoides seuls ou en association, ont été conduits au cours de ces six années d'expérimentation (en 1979, aucune expéri-

mentation n'a pu être menée, en raison des événements politiques).

Type d'essais	Années					
	1976	1977	1978	1980	1981	1982
Essais sur station	3	3	4	6	10	7
Essais extérieurs		8	10			
Total	3	11	14	6	10	7

Les dispositifs statistiques employés (blocs de Fisher, carré latin, « split plot », factoriel, lattice équilibré ou carré équilibré), le nombre de répétitions, la dimension des parcelles élémentaires, le nombre des applications insecticides réalisées au cours de la phase fructifère et la précision des observations ont varié suivant la nature des essais. Certaines caractéristiques seront indiquées chaque fois que cela présentera un intérêt, mais le détail de ces expérimentations figure dans les rapports d'activité annuels.

Les variétés de cotonnier ont changé également au cours des années en fonction des multiplications

réalisées sur la station de Bébedjia et des zones géographiques d'implantation des essais extérieurs, à savoir: BJA 592, SR I-F 4, Y 1422, MK 73.

Les conditions météorologiques et surtout la pluviométrie ont été variables au cours de ces six années, comme le souligne le tableau ci-dessous pour la station de Bébedjia:

Années	Pluviométrie totale mm	Nombre de jours de pluie
1976 .....	1 024	76
1977 .....	745	54
1978 .....	1 250	64
1980 .....	1 336	63
1981 .....	1 089	68
1982 .....	1 024	80

Durant cette période, *D. watersi* et *H. armigera* ont

été les principaux ravageurs, mais leur importance relative a varié avec les années ainsi que l'intensité de la pression parasitaire globale. Le tableau ci-dessous montre qu'en l'absence de protection insecticide, les pertes peuvent représenter un quart à trois quarts du potentiel de production.

Années	Production de coton-graine kg/ha	
	sans protection insecticide	avec protection insecticide maximale
1976 .....	852	1 700
1977 .....	1 100	2 070
1978 .....	1 243	1 705
1980 .....	1 647	3 085
1981 .....	761	2 727
1982 .....	1 510	3 010

### EFFICACITÉ DES PYRÉTHRINOÏDES

Dès que les pyréthrinoides ont été utilisés pour la protection phytosanitaire de la culture cotonnière en Afrique, de nombreux auteurs se sont attachés à préciser leur spectre d'efficacité (ANGELINI, 1976; CADOU, 1982; CAUQUIL, 1981; DAMOTTE, 1979; DELARRE, 1979; DELATTRE, 1978; VAISSAYRE et RENOU, 1978).

Les résultats exposés ici ne feront que confirmer, pour les espèces existantes au Tchad, ceux qui ont déjà été obtenus ailleurs. En outre, il ne sera pas question de différencier et de classer les pyréthrinoides expérimentés.

#### Efficacité des pyréthrinoides vis-à-vis des chenilles carpophages

L'efficacité des pyréthrinoides est bonne sur *H. armigera* et excellente sur *D. watersi*. En effet, les essais de doses d'utilisation réalisés au cours de ces années d'expérimentation indiquent que la destruction des populations larvaires de *D. watersi* est déjà satisfaisante à de faibles doses d'application. Par contre, on constate toujours une amélioration de la destruction des populations d'*H. armigera* en augmentant la dose d'utilisation des pyréthrinoides. Cette observation pourrait expliquer l'évolution relative des populations larvaires de ces deux Noctuelles enregistrée depuis 1980: diminution sensible des populations de *D. watersi* et élévation des niveaux d'infestation d'*H. armigera*. Toutefois, une modification du seuil de tolérance des populations d'*H. armigera* à ces nouvelles matières actives est possible, et nous sommes attentifs à cette évolution.

Matières actives	Niveaux comparés des populations larvaires de <i>D. watersi</i> (%)			
	1976*	1977	1978	1980
endosulfan-DDT-méthyl- parathion** .....	100 b	100 b	100 b	100 b
deltaméthrine .....	86,9 a	18,5 a	35,1 a	29,5 a
Ft .....	2,33	9,7	27,3	15,61
CV % .....	15,4	23,8	7,3	15,4

Matières actives	Niveaux comparés des populations larvaires de <i>H. armigera</i> (%)			
	1976*	1977	1978	1980
endosulfan-DDT-méthyl- parathion** .....	100	100	100	100
deltaméthrine .....	92,6	102,0	62,0	46,2
Ft .....	3,23	3,49		8,68
CV % .....	20,8	37,1		24,8

\* En 1976, la deltaméthrine était utilisée à 25 g/ha: par la suite, la dose d'utilisation a été fixée à 12,5 g/ha.

\*\* Cette association de matières actives a été employée à raison de 600-600 et 300 g/ha pour chacune d'elles.

Matières actives (essai de 1977)	Niveaux comparés des populations larvaires (%)	
	<i>H. armigera</i>	<i>D. watersi</i>
endosulfan-DDT-méthyl-parathion* ..	100	100 c
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	78,1	37,5 a b
deltaméthrine 25,0 g/ha .....	63,8	45,0 a b
fenvalérate 40,0 g/ha .....	80,9	72,4 b c
fenvalérate 80,0 g/ha .....	71,4	47,5 a b
F .....		5,33

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Matières actives (essai de 1980)	Niveaux comparés des populations larvaires de <i>H. armigera</i> (%)	
cyperméthrine 20 g/ha .....	100	c
cyperméthrine 40 g/ha .....	81,0	b
cyperméthrine 60 g/ha .....	38,2	a
Ft .....		13,13

Matières actives (essai de 1981)	Niveaux comparés des populations larvaires de <i>H. armigera</i> (%)	
cyperméthrine high cis 12 g/ha ...	100	
cyperméthrine high cis 24 g/ha ....	85,8	
cyperméthrine high cis 36 g/ha ..	66,6	

L'efficacité des pyréthrinoides de synthèse sur les deux principaux ravageurs des organes fructifères présents au Tchad est encore plus facilement mise en évidence par la faible importance des dégâts observés et mesurés par le nombre de boutons floraux tombés (shedding préfloral parasitaire).

Nous observons une certaine efficacité des pyréthrinoides sur *Earias* (deux espèces, *E. insulana* Boisd. et *E. biplaga* Walter, étant présentes au Tchad), mais les résultats sont difficiles à analyser statistiquement, en raison des faibles infestations constatées.

Matières actives	Niveaux comparés des populations larvaires d <i>Earias</i> (%)		
	1978	1980	1981
endosulfan-DDT-méthyl- parathion .....	100	100	100
perméthrine 200 g/ha .....	57,1		
fenvalérate 60 g/ha .....		25	
deltaméthrine 12,5 g/ha ..			79,2

Les espèces *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) et *Pectinophora gossypiella* (Saunders) sont rarement rencontrées dans ce pays. Par contre, en Côte-d'Ivoire et en Centrafrique, les pyréthrinoides sont efficaces contre ces deux ravageurs.

#### Efficacité des pyréthrinoides vis-à-vis des chenilles phyllophages

Durant tout le cycle de végétation du cotonnier, trois espèces phyllophages provoquent des dégâts : *Sylepta derogata* (Fabricius), *Cosmophila flava* (Fabricius) et *Spodoptera littoralis* (Boisduval). D'autres espèces phyllophages existent, mais en dehors de la période fructifère du cotonnier.

Nous nous y sommes donc peu intéressés, d'autant plus que leurs dégâts sont souvent négligeables ; il s'agit de : *Acrocercops bifasciata* (Walsingham), *Amisecta* sp., *Diacrisia* sp., *Xanthodes graellsii* (Feisthalm).

Les niveaux de populations larvaires des trois principales espèces (*C. flava*, *S. littoralis* et *S. derogata*) sont en général faibles et les résultats de nos observations sont souvent difficiles à analyser statistiquement. Depuis 1980, les niveaux de populations se sont légèrement élevés et on peut penser que les doses auxquelles nous expérimentons les pyréthrinoides pour lutter contre les chenilles carpophages sont mal adaptées à la destruction des chenilles phyllophages.

Matières actives (essai de 1980)	Nombre de chenilles par are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
endosulfan-DDT-méthyl- parathion* .....	0	6,3	0,3
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	6,3	6,3	16,3
fenvalérate 60,0 g/ha .....	10,5	6,3	32,5
cyperméthrine 45,0 g/ha .....	8,0	5,0	11,3

Matières actives (essai de 1981)	Nombre de chenilles par are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
endosulfan-DDT-méthyl- parathion* .....	4,3	7,1	14,3
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	30,0	22,3	14,3
deltaméthrine 60,0 g/ha .....	25,7	15,7	31,4
cyperméthrine 33,0 g/ha .....	47,1	12,8	31,4
cyperméthrine high cis 30 g/ha	101,4	20,0	21,4
trallométhrine 15,0 g/ha .....	35,7	24,3	35,7

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600-300 g/ha

Toutefois, un essai factoriel réalisé en 1981 devait nous indiquer que, pour compenser cette relative faiblesse des pyréthrinoides, mieux valait leur associer un organophosphoré (en l'occurrence le profénofos) plutôt que d'augmenter leur dose d'utilisation.

Matières actives	Nombre de chenilles par are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
cyperméthrine high cis .....	90,9	13,3	30,0
cyperméthrine high cis + profénofos 300 g/ha ..	17,7	7,2	17,2
cyperméthrine high cis 12 g/ha	55,4	12,3	29,4
cyperméthrine high cis 24 g/ha	56,7	10,5	23,9
cyperméthrine high cis 30 g/ha	28,8	6,3	19,5

#### Efficacité des pyréthrinoides vis-à-vis des Hémiptères et de l'acarien *Polyphagotarsonemus latus* (Bank)

En culture cotonnière au Tchad, on observe une diversité d'espèces d'Hémiptères mais, pour chacune d'elles, les niveaux de populations sont très faibles pendant la période fructifère. En fin de campagne, pour quelques espèces, des infestations parfois importantes se développent. Il s'agit essentiellement de *Dysdercus voelkeri* (Schmidt), *Bemisia tabaci* (Gennadius) et *Aphis gossypii* (Glover).

En conséquence, nos observations réalisées pendant la phase fructifère apportent peu d'informations sur l'efficacité des pyréthrinoides vis-à-vis de ce groupe de déprédateurs. Toutefois, depuis que ces produits sont utilisés seuls, on constate en fin de campagne d'importantes infestations de pucerons et d'aleurodes, ce qui peut être considéré comme une preuve de leur inefficacité vis-à-vis de ces deux Homoptères. Ceux-ci sont particulièrement importants au Tchad, en raison des miellats qu'ils sécrètent et qui provoquent le collage des cotons.

Des observations similaires ont été faites au Sénégal et au Cameroun. D'autre part, les résultats obtenus en Centrafrique dans la lutte contre *A. gossypii* en cours de campagne confirment l'inefficacité des pyréthrinoides vis-à-vis de cet Homoptère.

En ce qui concerne les Hétéroptères, aucune information n'est actuellement disponible au Tchad.

Dans le cas de l'acarien *P. latus*, l'inefficacité des pyréthrinoides est notoire (ANGELINI, 1976 ; DELATTRE, 1978). Nous avons pu la constater au Tchad, en 1978, alors qu'auparavant les infestations étaient très rares. Depuis cette date, l'apparition de symptômes foliaires d'acariose est plus précoce et la gravité des attaques s'est intensifiée.

Matières actives (essai de 1978)	Nombre de plants atteints d'acariose sur 960 m <sup>2</sup>	
endosulfan-DDT-méthyl-parathion*		1
deltaméthrine 12 g/ha .....		29
fenvalérate 60 g/ha .....		49
cyperméthrine 45 g/ha .....		136
perméthrine 150 g/ha .....		117

\* Association de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha

### INFLUENCE DE LA PROTECTION A BASE DE PYRÉTHRINOÏDES SUR LA PRODUCTION DE COTON-GRAINE

Depuis leur utilisation expérimentale pour la protection de la phase de reproduction des cotonniers, les pyréthrinoides ont donné chaque année des résultats identiques en production de coton-graine. En effet, par des récoltes fractionnées, on observe un groupement de la production qui n'apparaît pas avec des matières actives appartenant à d'autres familles et qui se traduit par une plus grande précocité, souvent significative au point de vue statistique. Cependant, si l'on ne tient pas compte de l'année 1977, déficitaire en pluies, les productions de coton-graine sont souvent équivalentes. Ces résultats se sont reproduits chaque année sur la station de Bébedjia, comme l'illustre le tableau ci-dessous :

Matières actives	1976		1980		1981	
	R1 kg/ha	RT kg/ha	R1 kg/ha	RT kg/ha	R1 kg/ha	RT kg/ha
endosulfan-DDT- méthyl-parathion*	789 b	2 397	695 b	2 795	1 180	2 026
deltaméthrine 12,5 g/ha	998 a	2 179	970 a	2 679	1 442	2 851
CV %	15,6	16,5	19,5	11,3	20,0	9,5
F	5,29		4,13	0,79	1,3	1,83

R1 première récolte. RT récolte totale.

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600-300 g/ha.

Ainsi, il apparaît que l'excellente efficacité des pyréthrinoides contre les principaux ravageurs ne se traduit pas par une augmentation de rendement, contradiction que nous avons soulignée dans l'introduction. Des résultats comparables ont été obtenus dans d'autres pays : au Sénégal, THAWYS souligne la précocité de production et, en Centrafrique, CAUQUIN et GUILAUMONT émettent l'hypothèse d'une action dépressive des pyréthrinoides sur la fructification du cotonnier.

#### Analyse de la précocité

En 1978, pour tenter d'expliquer cette précocité constatée avec l'utilisation des pyréthrinoides, nous avons calculé la durée moyenne de capsulaison des organes fructifères à différentes dates du cycle de floraison (durée de l'ouverture de la fleur jusqu'à la déhiscence des capsules). Pour la variété SR 1-F4, aucune différence n'est apparue entre les pyréthrinoides et les matières actives insecticides de première génération. La durée de capsulaison étant identique, d'autres causes devaient être recherchées pour expliquer cette précocité.

Un essai réalisé en 1981 a montré que la précocité de la production était plus ou moins accentuée suivant la variété utilisée, mais que la maturité de la fibre produite (mesurée par l'indice micronaire) était toujours meilleure lorsque la protection était assurée par des pyréthrinoides. Ce résultat est plus facilement mis en évidence pour les cotons de la dernière récolte.

Variétés	Production de coton-graine en première récolte kg/ha	
	protection à base de pyréthrinoides	protection assurée par l'association endosulfan-DDT- méthyl-parathion*
Y 1422	1 814	1 335
SR 1-F 4	2 703	1 893
MK 73	1 722	1 294
Moyenne pour 8 variétés		
FT = 5,46	2 000,3 a	1 524,5 b

\* Association de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Variétés	Augmentation de la production de la première récolte sous protection à base de pyréthrinoides (%)
SR 1-F 4	19,34
PAN 575	18,47
J 331	16,38
Y 1422	14,11
MK 73	12,85
K 135	10,16
Réba P 279	7,52
LYL 35	5,52

Variétés	Récoltes successives	indice micronaire	
		sous protection à base de pyréthrinoides	protection assurée par l'association endosulfan-DDT- méthyl-parathion*
Y 1422	R 1	3,74	3,51
	R 2	3,46	3,42
	R 3	3,46	2,94
SR 1-F 4	R 1	4,29	4,34
	R 2	4,30	3,94
	R 3	4,30	3,88
MK 73	R 1	3,92	3,80
	R 2	3,88	3,59
	R 3	3,56	3,35

R 1 première récolte.

R 2 deuxième récolte.

R 3 dernière récolte.

\* Association de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Mais, comme le montre une expérimentation réalisée en 1981, le plus grand nombre de capsules apparues au début du cycle fructifère ne peut pas être attribué à une accélération du cycle de floraison du cotonnier. En effet, le tableau ci-dessous souligne que l'évolution des niveaux de floraison est identique, que la protection insecticide soit réalisée exclusivement par des pyréthrinoides ou par des matières actives insecticides appartenant à d'autres familles. Le niveau de floraison est le rang moyen des branches fructifères portant une fleur du jour en position 1.

Matières actives	niveau de floraison au				
	10 août	25 août	9 sept.	24 sept.	9 oct.
endosulfan-DDT-méthyl- parathion	0,40	3,00	5,31	8,04	9,59
deltaméthrine	0,83	3,13	5,74	8,25	9,70
F	0,98	0,63	1,24	0,60	0,03

En 1980, le marquage des fleurs apparues au cours du cycle du cotonnier montre que les premières semaines de floraison ont d'autant plus d'importance dans la récolte que la protection est assurée par des pyréthrinoides de synthèse ; c'est ainsi que plus de la moitié de la production totale est assurée dans ce cas par les quatre premières semaines de floraison.



Matières actives	Importance relative des premières semaines de floraison dans la récolte (%)			
	1 <sup>re</sup> semaine	2 <sup>e</sup> semaine	3 <sup>e</sup> semaine	4 <sup>e</sup> semaine
endosulfan-DDT-méthyl- parathion .....	0	3,1	14,1	20,0
deltaméthrine .....	1,6	14,2	20,9	22,3

Ceci explique, d'une autre façon, la précocité de production liée à l'utilisation des pyréthrinoides. L'hypothèse d'un poids moyen des capsules saines plus élevé doit être rejetée, l'inverse étant souvent observé avec l'utilisation de pyréthrinoides (RENOU, 1981). Seule l'hypothèse d'un plus grand nombre de fleurs donnant des capsules devait être vérifiée. En effet, en 1980, on a constaté que les poids moyens capsulaires n'étant pas plus élevés, le nombre de fleurs fécondées donnant des capsules était plus important sous protection à base de pyréthrinoides.

Matières actives	Pourcentage des capsules en position 1 sur les branches fructifères				
	branche 1	branche 2	branche 3	branche 4	branche 5
endosulfan-DDT-méthyl- parathion* .....	61,9	60,0	58,1	60,1	67,5
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	78,1	80,6	80,0	81,9	81,3

\* Association de matières actives utilisées à raison de 600-650 et 300 g/ha.

Pour compléter cette analyse de la précocité, une floraison plus abondante a pu être observée en début de cycle lorsque la protection était assurée par des pyréthrinoides. Cependant cet avantage, souvent faible, est très rarement mis en évidence statistiquement.

Matières actives (Essai de 1980 - début de la floraison le 14/3)	Nombre de fleurs en milliers par ha		
	du 14/3 au 30/3	du 30/3 au 13/9	du 13/9 au 27/9
endosulfan-DDT-méthyl- parathion* .....	76,1	397,7	508,2
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	79,8	441,6	549,1
CV % .....	39,2	16,6	9,7
ET .....	0,46	1,30	0,95

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-650 et 300 g/ha.

Matières actives (essai réalisé en 1981)	Floraison cumulée des quatre premières semaines (en milliers par hectare)	
endosulfan-DDT-méthyl-parathion*		349
deltaméthrine 12,5 g/ha .....		419
fénvalérate 30,0 g/ha .....		370
cyperméthrine 36,0 g/ha .....		400
cyperméthrine high cis 30,0 g/ha .....		397
tralométhrine 15,0 g/ha .....		389
ET .....	2,85	
CV .....	14,5 %	

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-650 et 300 g/ha.

En conséquence, ce que nous avons considéré comme une précocité de production est le résultat d'une répartition différente de celle-ci, comme le montre la figure 1. L'exceptionnelle efficacité des pyréthrinoides vis-à-vis des déprédateurs des organes fructifères permet aux cotonniers de retenir en début de cycle plus de boutons floraux et d'avoir, par conséquent, plus de fleurs et en fin de compte plus de capsules formées pendant cette phase.

#### Analyse de la contradiction efficacité-production

A la suite d'observations visuelles et localisées de symptômes de carence en potassium après des applications de pyréthrinoides, l'hypothèse d'une insuffisance de la nutrition liée au raccourcissement de la période de maturation a été émise. L'expérimentation réalisée en 1981, qui portait sur des apports croissants d'éléments fertilisants en fonction de deux types de protection, ne nous a pas permis d'expliquer la contradiction entre l'efficacité biologique des pyréthrinoides et la production de coton-graine. En effet, en comparant deux types de protection insecticide, soit à base de pyréthrinoides, soit à base d'insecticides de première génération, on constate pour des fertilisations élevées que le supplément de production précoce de 538 kg/ha obtenu avec les pyréthrinoides se réduit à 281 kg/ha, si l'on considère la production totale.

Production de coton-graine (avec fertilisation forte*) kg/ha			
sous protection à base de pyréthrinolide (deltaméthrine)		sous protection assurée par le mélange endosulfan-DDT- méthyl-parathion	
R 1	R 7	R 1	R 7
1 293	2 934	755	2 653

R 1 : première récolte.

R 7 : récolte totale.

\* 200 kg/ha d'un mélange NPKSB (19 : 12 : 19 : 8 : 1,8)

+ 50 kg/ha d'urée + 50 kg de KCl au semis.

7\* kg/ha d'urée + 75 kg/ha de KCl au 45<sup>e</sup> jour.

80 kg/ha d'urée + 50 kg/ha de KCl au 75<sup>e</sup> jour.

L'ensemble de ces résultats suggère qu'à la suite d'une protection à base de pyréthrinolide, les possibilités de production en fin de cycle se trouvent réduites par rapport à une protection avec des insecticides de première génération. Dans ce cas-là, il apparaît des phénomènes de régulation de la production d'organes fructifères leur permettant de compenser les pertes de production en début de cycle dues à une moins bonne protection insecticide. Ces phénomènes de régulation, que nous appelons phénomènes de compensation, seraient bloqués ou réduits lorsqu'on utilise des pyréthrinoides. En effet, les résultats du tableau ci-dessous montrent qu'à partir de la dixième branche fructifère, le nombre de capsules en place sur les branches fructifères est plus faible avec les pyréthrinoides.

Matières actives	Nombre de capsules en position 1 sur les branches fructifères (en %)				
	branche 10	branche 11	branche 12	branche 13	branche 14
endosulfan-DDT-méthyl- parathion* .....	75,6	72,5	68,1	63,1	46,3
deltaméthrine 12,5 g/ha .....	71,3	70,0	51,9	41,3	30,6

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-650 et 300 g/ha.

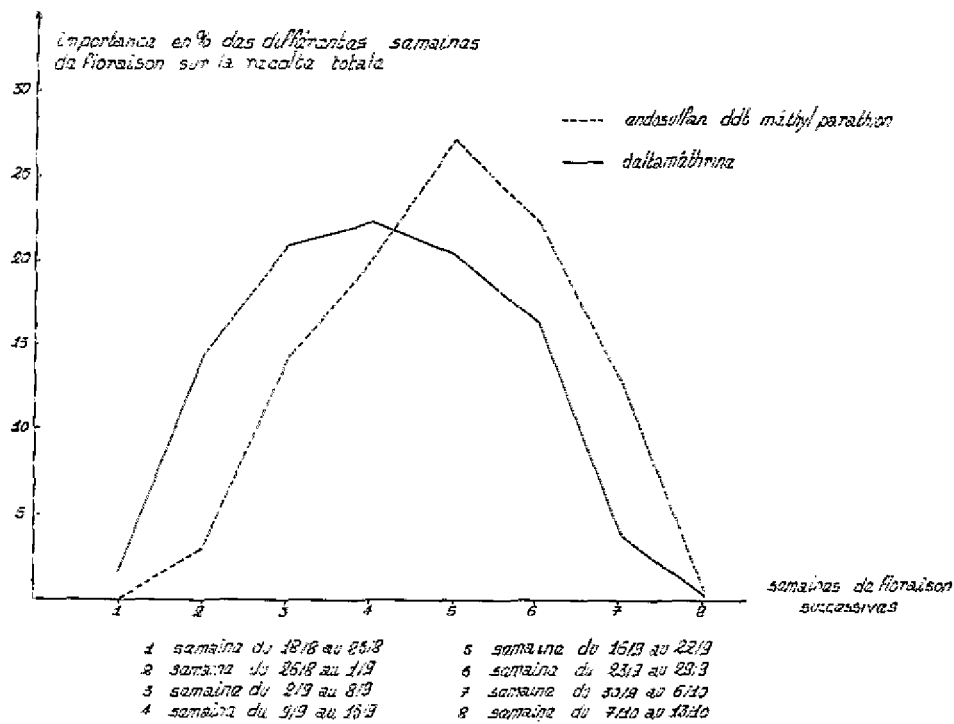


FIG. 1. — Relation entre l'importance des différentes semaines de floraison sur la récolte totale et les insecticides utilisés (1980).

FIG. 1. — Relation between the effect of the different flowering weeks on total production and the insecticides used (1980).

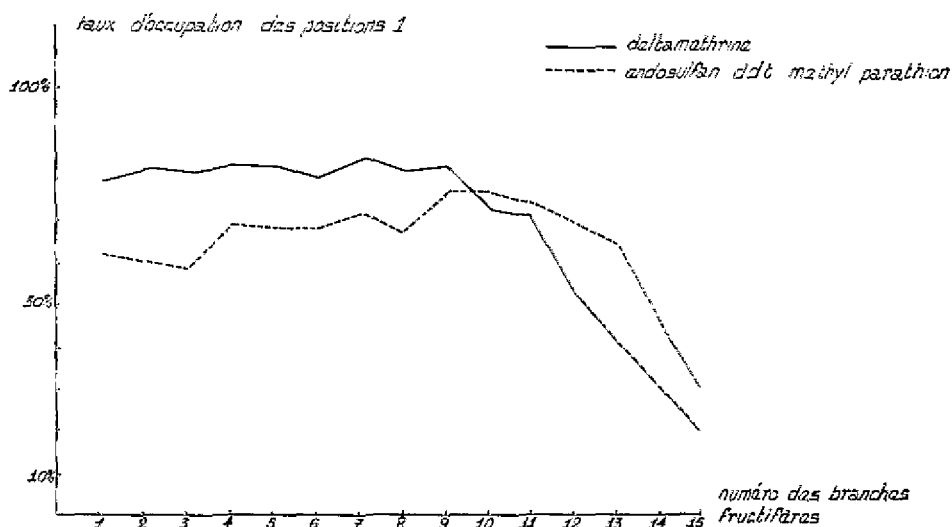


FIG. 2. — Relation entre le taux d'occupation des capsules sur les branches fructifères et les insecticides utilisés (1980).

FIG. 2. — Relation between the boll set on fruiting branches and the insecticides used (1980).

Ce résultat est la conséquence d'une abscission postflorale non parasitaire en fin de cycle plus importante lorsque les cotonniers sont protégés par des pyréthrinoides de synthèse. Le tableau ci-dessous l'illustre clairement :

Matières actives	Abscission postflorale physiologique, en milliers de capsules par hectare		
	14/8 au 13/9	13/9 au 27/9	27/9 au 11/10
endosulfan-DDT-méthyl- parathion*	25,0	101,3	153,6 b
deltaméthrine 12,5 g/ha	23,4	135,2	199,9 a
Ft	0,33	3,16	3,33
CV %	41,4	34,4	17,7

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Parallèlement à ce fait, on constate également que le volume de floraison est plus faible en fin de cycle lorsqu'il s'agit de pyréthrinoides. Cependant, les résultats obtenus concernant cette floraison en fin de cycle sont en général difficiles à analyser statistiquement.

Matières actives	Nombre de fleurs en fin de cycle, en milliers par hectare	Abscission préflorale en fin de cycle, en milliers par hectare
endosulfan-DDT- méthyl-parathion*, deltaméthrine 12,5 g/ha	320,0	24,9
fenvalérate 60,0 g/ha	272,4	23,5
cyperméthrine 36,0 g/ha	281,6	24,8
	287,3	19,6
Ft	1,16	0,60
CV %	21,3	32,1

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Enfin, l'apparition de phénomènes de compensation s'accompagne souvent d'une augmentation de la taille des cotonniers. Or, il est intéressant de constater que, dans le cas des pyréthrinoides où ces phénomènes ne jouent pas, la taille des cotonniers est plus faible.

Matières actives	Taille des cotonniers à la récolte cm
endosulfan-DDT-méthyl-parathion*	146,3
monocrotophos-DDT**	149,9
deltaméthrine 12,5 g/ha	131,1
fenvalérate 75,0 g/ha	135,8
cyperméthrine 36,0 g/ha	134,6

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

\*\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 300 et 900 g/ha.

En résumé, dans le cas d'une protection à base de pyréthrinoides, il n'y a pas de phénomène de compensation, mais il importait de vérifier si cette observation était liée à la grande production de base du plant ou à une action directe des pyréthrinoides sur la physiologie du cotonnier.

Deux expérimentations réalisées en 1981 et 1982 ont prouvé que l'absence de phénomène de compensation était bien due à la grande production de base du plant.

		Production, kg/ha (protection insecticide assurée par des pyréthrinoides)
1981 SR 1-F 4	Aucune suppression de fleurs	3 009,6
	Suppression des fleurs de la première semaine	3 348,6
	Suppression des fleurs des deux premières semaines	3 101,4
	Suppression des fleurs des trois premières semaines	3 164,5
		Ft = 2,03 CV = 11,02
1982 MK 73	Aucune suppression de fleurs	3 251,0
	Suppression des fleurs de la première semaine	3 234,0
	Suppression des fleurs des deux premières semaines	3 228,0
	Suppression des fleurs des trois premières semaines	3 428,0
	Suppression des fleurs des quatre premières semaines	3 235,0
		Ft = 0,74 CV = 9,58

## DISCUSSION

Les résultats qui ont été présentés sont étroitement liés aux conditions de milieu ; il convient, en conséquence, de les relativiser. En effet, ce sont des conditions particulières qui ont permis l'expression des phénomènes de compensation : une pluviométrie favorable et des conditions de cultures idéales permettant d'atteindre de hauts rendements.

A l'exception de l'année 1977, la pluviométrie a été supérieure à 1000 mm. Pour cette année-là, la contradiction efficacité-production n'est pas apparue et une protection à base de pyréthrinoides a permis d'obtenir les meilleurs rendements. Le déficit pluviométrique constaté au cours de cette campagne a réduit l'intensité des phénomènes de compensation, favorisant ainsi la protection à base de pyréthrinoides.

Matières actives (essai réalisé en 1977)	Rendement en coton-graine (kg/ha)	
	R 1	R T
endosulfan-DDT-méthyl-parathion	1 470 b	2 157
deltaméthrine 12,5 g/ha	1 853 a	2 327
Ft	3,42	0,9
CV %	15,2	11,1

D'autre part, la fumure apportée et les potentialités des sols ont certainement favorisé l'expression des phénomènes de compensation. En effet, même sur la station de Bébedjia, en l'absence de fertilisation minérale, les pyréthrinoides maintiennent au cours de la production l'avantage qu'ils avaient en début de cycle grâce à la précocité qu'ils induisent.

Matières actives (essai réalisé en l'absence de fertilisation)	Production de coton-graine (kg/ha)	
	R 1	R T
endosulfan-DDT-méthyl-parathion*	332	1 349
deltaméthrine	699	1 557

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

A l'extérieur de la station, dans des conditions de culture souvent moins bonnes (faible fumure minérale, potentialités des sols réduites), on retrouve souvent ce type de résultat : la protection à base de pyréthrinoides assure les meilleurs rendements.

Matières actives	Production de coton-graine par localité (kg/ha)					
	Karoual 1977	Békao 1977	Moun- dou 1977	T'lo 1977	Bedaya 1978	Moun- dou 1978
endosulfan-DDT- méthyl-parathion*	873 b	1 930 b	1 796	933	1 187	749 b
deltaméthrine 12,5 g/ha	1 053 a	2 161 a	1 932	1 003	1 331	1 030 a
CV %	13,9	10,2	9,9	19,9	13,6	15,2
F	3,67	2,70	1,40	0,2	0,72	9,74

\* Mélange de matières actives utilisées à raison de 600-600 et 300 g/ha.

Enfin, la contradiction entre l'efficacité des pyréthrinoides contre les chenilles carpophages et la production pourrait être également la conséquence des lacunes que présentent ces matières actives dans leur spectre d'efficacité. En effet, on a souvent montré que l'adjonction d'un organophosphoré adé-

quat, qui comblerait les faiblesses du pyréthrinoidé seul, procure une augmentation de la production statistiquement significative.

Matières actives (1930)	Production de coton-graine (kg/ha)
cyperméthrine	2 913,0 b
cyperméthrine + profénofos 300 g/ha	3 319,0 a
F	19,86

Matières actives (1931)	Production de coton-graine (kg/ha)
cyperméthrine high cis	1 964,4 b
cyperméthrine high cis + profénofos 300 g/ha	2 294,4 a
F	6,53

Matières actives (1932)	Production de coton-graine (kg/ha)
pyréthrinoidé seul	3 249
pyréthrinoidé + organophosphoré	3 530

L'organophosphoré associé au pyréthrinoidé améliore la destruction des populations de chenilles phyllophages et, en fonction de sa nature, celle des Homoptères (*A. gossypii* et *B. tabaci*) et/ou de l'acarien (*P. latus*). L'augmentation de production qui apparaît surtout lors de la dernière récolte pourrait être la conséquence d'un meilleur état phytosanitaire global des plants, car les niveaux de populations de chaque espèce sont en général faibles.

## CONCLUSION

Les pyréthrinoides de synthèse présentent une exceptionnelle efficacité vis-à-vis des chenilles carpophages existant au Tchad, et qui sont les principaux ravageurs rencontrés ; nous nous attendions donc, logiquement, à une augmentation de la production de coton-graine à la suite de l'emploi de ces matières actives. Ce ne fut jamais le cas dans de bonnes conditions de culture. Assurant une excellente protection des organes fructifères en début de cycle, l'utilisation de ces matières actives provoque une production élevée à la base du plant, favorisant ainsi la précocité. En fin de cycle, la production d'organes fructifères se trouve, à l'inverse, réduite et ce phénomène s'explique par le regroupement de la production en début de cycle qui agit de façon inhibitrice. Cependant, il est important de noter que, dans des conditions de culture moins bonnes, cette contradic-

tion efficacité-production ne s'observe pas, car la protection à base de pyréthrinoides assure les meilleurs rendements. D'autre part, l'utilisation d'organophosphorés (associés à un pyréthrinoidé) permet de combler les lacunes du spectre d'efficacité des pyréthrinoides (notamment vis-à-vis des chenilles phyllophages, de certains Hémiptères et de l'acarien *P. latus*), assurant ainsi des gains de production non négligeables.

En conclusion, l'utilisation des pyréthrinoides présente un grand intérêt en culture cotonnière, mais les employer seuls pendant toute une campagne de protection peut se révéler dangereux. Aussi convient-il de leur ajouter des organophosphorés, ne serait-ce que pour combler les lacunes de leur spectre d'efficacité et éviter ainsi tout déséquilibre.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANGELINI, A.; COUILLOU, R., 1976. — Premiers résultats obtenus en Côte-d'Ivoire avec les pyréthrinoides dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, 31, 3, 323-326.
2. ANGELINI, A.; TRIJAU, J.-P.; VAISSAYRE, M., 1982. — Activité comparée de trois pyréthrinoides

de première génération et d'un certain nombre de pyréthrinoides nouveaux contre les chenilles de la capsule du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, 4, 359-364.

3. CADOU, J., 1982. — Niveau de protection phytosanitaire et rendement en culture cotonnière pluviale au Mali. *Cot. Fib. trop.*, 4, 317-326.



4. CAUQUIL, J.; GUILLAUMONT, M., 1979. — Etude de la fructification du cotonnier sous protection par deux pyrèthroïdes. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, Marseille, 13-16 mars, 127-144.
5. CAUQUIL, J., 1981. — Utilisation de deux pyrèthroïdes de synthèse (deltaméthrine et cyperméthrine) pour la protection des cultures cotonnières en République Centrafricaine. *Col. Fib. trop.*, 4, 227-231.
6. CAUQUIL, J.; VINCENS, P.; DENÉCHERE, M.; MIANZE, Th., 1982. — Nouvelle contribution sur la lutte chimique contre *A. gossypii* (Glover), ravageurs du cotonnier en Centrafrique. *Col. Fib. trop.*, 4, 333-350.
7. DAMOTTE, P., 1979. — Parmi les pyrèthroïdes, examen du comportement sur les ravageurs du cotonnier de la cyperméthrine. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, Marseille, 13-16 mars, 97-106.
8. DELABARRE, M.; THEWYS, C.; CHAMOUX, J.-P., 1979. — Utilisation de la decaméthrine, seule ou en association, pour la protection du cotonnier en Côte-d'Ivoire. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, Marseille, 13-16 mars, 107-114.
9. DELATTRE, R., 1978. — Efficacité des pyrèthroïdes en culture cotonnière. *Phytiatrie et Phytopharmacie*, 27, 1, 53-71.
10. LABOUCHEIX, J.; VAISSAYRE, M.; RENO, A., 1977. — Rapport annuel d'activité. Section d'Entomologie, campagne 1976-1977. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 67 p.
11. MAURE, F.; RENO, A.; VAISSAYRE, M., 1980. — Approche multidimensionnelle d'un ensemble d'observations phytosanitaires par l'analyse en composantes principales. *Col. Fib. trop.*, 2, 249-263.
12. RENO, A.; VAISSAYRE, M., 1979. — Détermination *in vitro* de la toxicité de quelques matières actives insecticides vis-à-vis des chenilles de la capsule *Heliothis armigera* Hbn. et *Diparopsis watersi* Roths (Lépidoptères Noctuidae). *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, Marseille, 13-16 mars, 83-89.
13. RENO, A.; DELATTRE, R., 1981. — Actions de certains insecticides sur le poids moyen de coton-graine par capsule chez le cotonnier. *Col. Fib. trop.*, 3, 335-347.
14. RENO, A.; ASPIROT, J., 1981. — Rapport annuel d'activités, section d'Entomologie, campagne 1980-1981. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 62 p.
15. RENO, A.; ASPIROT, J., 1982. — Rapport annuel d'activités, section d'Entomologie, campagne 1981-1982. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 70 p.
16. RENO, A.; ASPIROT, J., 1982. — Rapport préliminaire, section d'Entomologie, campagne 1982. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 19 p.
17. THEWYS, G.; HERVE, J.J.; LARROQUE, M., 1979. — Bilan de deux années d'expérimentation de la decaméthrine sur cotonnier en milieu paysan au Sénégal. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, Marseille, 13-16 mars, 115-126.
18. VAISSAYRE, M.; RENO, A., 1978. — Rapport annuel d'activités, section d'Entomologie, campagne 1977-1978. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 61 p.
19. VAISSAYRE, M.; RENO, A., 1978. — Détermination de la DL 50 de quelques pyrèthroïdes vis-à-vis d'*Heliothis armigera*. 2, 209-211.
20. VAISSAYRE, M., 1982. — Observations relatives à l'incidence économique de l'acariose à *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) en culture cotonnière. *Col. Fib. trop.*, 3, 313-314.
21. VAISSAYRE, M.; RENO, A., 1979. — Rapport annuel d'activités, section d'Entomologie, campagne 1978-1979. *I.R.C.T.*, Bébedjia, Tchad, 69 p.

## Reflections on the use of pyrethroids for cotton protection in Chad

A. Renou<sup>1</sup> and J. Aspirot<sup>2</sup>

1. Entomologiste, B.P. 33, Maroua (Cameroun).

2. Entomologiste, Station de Bébedjia, B.P. 31, Moundou (Tchad).

### SUMMARY

Pyrethroids have been experimented in Chad since 1976 to protect the fruiting phase of the cotton plant; they prove excellent to control the existing pests (*H. armigera* and *D. watersi*) but the seed cotton production does not reflect this effectiveness. Pyrethroids are very effective to protect the first fruiting points formed: they give a high production at the bottom of the plant, favouring earliness. This phenomenon reduces the possibilities of later pro-

duction, giving a low "top production". Because of this regulation mechanism, caused by excessive protection in early cycle, pyrethroids used alone do not give the expected yields. However, whereas the physiological explanation seems essential to us, the ineffectiveness of pyrethroids on some pests (especially *A. gossypii*, *B. tabaci* and *P. latus*) is also important to explain this contradiction which is particularly obvious in good cropping conditions.

KEY WORDS: cotton plant pyrethroids, production, Chad.

### INTRODUCTION

Cotton fields in Chad are protected by 4 to 5 insecticide applications spaced by an interval of 14 days, starting on the 45th day after emergence. At first, the active ingredients used were organochlorates associated with organophosphates (first generation insecticides), but, as from 1976, pyrethroids have been used, either alone or combined with organophosphates.

From the beginning, when pyrethroids were used alone, we observed a contradiction between their excellent effectiveness on the main existing pests (*Heliothis armigera* Hübn. and *Diparopsis watersi* Roth.) and the production of seed cotton. The experimentation conducted from 1976 to 1982 allowed us to explain this contradiction.

## MATERIALS AND METHOD

Since 1976, active ingredients of the pyrethroid family have been tested in the Bébedjia station and in a network of regional trials. The active ingredients and respective years of experimentation are listed below:

Active ingredients	1976	1977	1978	1980	1981	1982
deltamethrin	X	X	X	X	X	X
fenvalerate		X	X	X	X	X
permethrin		X	X	X	X	X
cypermethrin			X	X	X	X
cypermethrin high dose				X	X	X
alphamethrin					X	X
valuthrin					X	
cyfluthrin					X	X
trallomethrin					X	

All these active ingredients used alone have been compared either between themselves or with combinations of organochlorates and organophosphates; as from 1980, pyrethroids have been combined with organophosphates owing to the deficiencies of their spectrum of control. Fifty-one statistical tests on pyrethroids used alone or in combination have been conducted in the field during this six-year period (due to political events, no experiment could be carried out in 1979).

Type of tests	Years					
	1976	1977	1978	1980	1981	1982
In the station	3	3	4	6	10	7
In the field		8	10			
Total	3	11	14	6	10	7

The statistical designs used (Fisher blocks, latin square, split plot, factorial test, balanced lattice or square) as well as the number of replications, the size of the elementary plots, the number of insecti-

cide applications during fruiting phase and the accuracy of the observations have varied according to the nature of the tests. Some characteristics will be indicated when significant but the detailed experimentation appears in the annual progress reports.

The cotton varieties used have also varied according to the years, depending on the multiplications carried out in the Bébedjia Station and the geographical areas where the field tests took place: BJA 592, SR I-F 4, Y 1422, MK 73.

Meteorological conditions in the Bébedjia Station, and especially pluviometry, have varied during these six years. This is shown in the following table:

Years	Total pluviometry mm	Number of rainy days
1976	1,024	76
1977	745	54
1978	1,260	64
1980	1,338	63
1981	1,089	66
1982	1,024	60

During this period of time, *D. watersi* and *H. armigera* have been the major pests but their relative number, as well as the overall parasitic pressure, have varied with the years. The table below shows that, in the absence of insecticide protection, losses may amount to one to three quarters of the potential crop.

Year	Production of seed cotton (kg/ha)	
	without insecticide protection	with maximal insecticide protection
1976	852	1,700
1977	1,100	2,070
1978	1,243	1,700
1980	1,647	3,085
1981	761	2,727
1982	1,510	3,010

## EFFECTIVENESS OF PYRETHROIDS

As soon as pyrethroids were used to protect cotton fields in Africa, many authors attempted to pinpoint their spectrum of control (ANGELINI, 1976; CADOU, 1982; CAUQUIL, 1981; DAMOTTE, 1979; DELAMARRE, 1979; DELATTRE, 1978, and VAISSAYRE and RENOU, 1978).

Regarding the species found in Chad, the results given here will only confirm those obtained in other countries. Besides, there is no question of our differentiating and classifying the pyrethroids tested.

## Effectiveness of pyrethroids on bollworms

The effectiveness of pyrethroids on *H. armigera* is good, and excellent on *D. watersi*. The tests on application doses carried out during this experimentation show that the control of the larval populations of *D. watersi* is satisfactory with low application doses. On the other hand, an improvement in the control of *H. armigera* is always observed with an increased pyrethroid dose. This could explain the variations observed since 1980 in the larval populations of

these two bollworms: substantial decrease in the populations of *D. watersi* and increase in the infestation levels of *H. armigera*. However, a modification in the tolerance threshold of the populations of *H. armigera* to pyrethroids is possible and we are attentive to this variation.

Active ingredients	Compared levels of the larval populations of <i>H. armigera</i> (%)			
	1976*	1977	1978	1980
endosulfan-DDT-methyl-parathion**	100 b	100 b	100 b	100 b
deltamethrin	66.8 a	18.5 a	33.1 a	29.5 a
Ft	2.03	9.7	27.3	15.61
CV %	15.4	23.8	7.3	15.4

Active ingredients	Compared levels of the larval populations of <i>H. armigera</i> (%)			
	1976*	1977	1978	1980
endosulfan-DDT-methyl-parathion**	100	100	100	100
deltamethrin	92.6	102.0	62.0	46.2
Ft	3.23	3.49		8.68
CV	20.8 %	37.1 %		24.8 %

\* In 1976, deltamethrin was applied at 25 g/ha. Later on, the dose was 12.5 g/ha.

Active ingredients (1977 test)	Compared levels of larval populations (%)	
	<i>H. armigera</i>	<i>D. watsoni</i>
endosulfan-DDT-methyl-parathion**	100	100
deltamethrin 12.5 g/ha	78.1	37.5
deltamethrin 25.0 g/ha	83.8	46.0
fenvalerate 40.0 g/ha	80.9	72.4
fenvalerate 80.0 g/ha	71.4	47.5
F		5.33

\*\* This compound was used at the rate of 600-600 and 300 g/ha for each active ingredient.

Active ingredients (1980 test)	Compared levels of the larval populations of <i>H. armigera</i> (%)	
cypermethrin 20 g/ha	100	c
cypermethrin 40 g/ha	81.0	b
cypermethrin 10 g/ha	38.2	a
Ft		13.13

Active ingredients (1981 test)	Compared levels of the larval populations of <i>H. armigera</i> (%)	
cypermethrin high cis 12 g/ha	100	
cypermethrin high cis 24 g/ha	85.8	
cypermethrin high cis 36 g/ha	66.6	

The effectiveness of pyrethroids on the two major pests of fruiting points existing in Chad is even more easily emphasized by the low damage observed, measured by the number of shed squares (parasitic prefloral shedding).

We note that pyrethroids are effective on *Earias* (two species *E. insulana* Boisd. and *E. biplaga* Walter exist in Chad) but the results are difficult to analyse statistically due to the low infestations observed.

The species *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) and *Pectinophora gossypiella* (Saunders) are rarely found in this country. In Ivory Coast and Central African Republic, they are adequately controlled by pyrethroids.

Active ingredients	Compared levels of the larval populations of <i>Earias</i> %		
	1978	1980	1981
endosulfan-DDT-methyl-parathion	100	100	100
permethrin 200 g/ha	57.1		
fenvalerate 60 g/ha		25	
deltamethrin 12.5 g/ha			79.2

### Effectiveness of pyrethroids on leafworms

Three leafworms are injurious to the cotton plant during its vegetative cycle: *Sylepta derogata* (Fabricius), *Cosmophila flava* (Fabricius) and *Spodoptera littoralis* (Boisduval). Other leafworms exist but outside the fruiting period. We did not therefore examine them especially since the damage they cause is often negligible. They are: *Acrocercops bifasciata* Walsingham, *Amsacta* sp., *Diacrisia* sp., *Xanthodes graellsii* (Feisthamel).

In general, the larval populations of the three major species (*C. flava*, *S. littoralis* and *S. derogata*) are low and the results of our observations are often difficult to analyse statistically. The populations have increased since 1980 and it can be assumed that the doses we used to experiment pyrethroids in bollworm control are not appropriate to leafworm control.

Active ingredients (1980 test)	Number of leafworms/are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
endosulfan-DDT-methyl-parathion*	0	6.3	0.3
deltamethrin 12.5 g/ha	6.3	6.3	16.3
fenvalerate 60.0 g/ha	10.0	8.8	32.5
cypermethrin 45.0 g/ha	8.0	5.0	11.3

Active ingredients (1981 test)	Number of leafworms/are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
endosulfan-DDT-methyl-parathion*	4.3	7.1	14.3
deltamethrin 12.5 g/ha	30.0	22.8	14.3
deltamethrin 60.0 g/ha	25.7	15.7	31.4
cypermethrin 36.0 g/ha	47.1	12.8	31.4
cypermethrin high cis 30 g/ha	101.4	20.0	31.4
tralomethrin 15.0 g/ha	85.7	24.3	35.7

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

A factorial test performed in 1981 showed that, in order to offset the relative inadequacy of pyrethroids, it was better to associate them with an organophosphate (profenofos in this case) than to increase their dose.

Active ingredients	Number of leafworms/are		
	<i>S. derogata</i>	<i>C. flava</i>	<i>S. littoralis</i>
cypermethrin high cis	98.0	13.3	30.0
cypermethrin high cis + profenofos 300 g/ha	17.7	7.2	17.2
cypermethrin high cis 12 g/ha	55.4	12.8	29.4
cypermethrin high cis 24 g/ha	56.7	10.5	23.9
cypermethrin high cis 30 g/ha	28.8	8.8	19.5

### Effectiveness of pyrethroids on Hemiptera and the mite *P. latus*

Various species of Hemiptera are observed in the Chadian cotton fields. But each of them has a very low level of populations during the fruiting period. Some (especially *Dysdercus voelkeri* Schmidt, *Bemisia tabaci* Gennadius and *Aphis gossypii* Glover) sometimes present high infestations in late season.

Consequently, our observations during the fruiting phase give few information on the effectiveness of pyrethroids on these pests. Nevertheless, high infestations of aphids and white flies have been observed in late season since these insecticides have been used alone: this may be regarded as proof of the inadequacy of pyrethroids on these two Homoptera. These are particularly important in Chad since they secrete honeydew, producing sticky cottons. Similar observations have been made in Senegal and Cameroon. Besides, the results obtained in the Central African Republic on the control of *A. gossypii* confirm that pyrethroids are ineffective on this Homoptera.

No informations on Heteroptera is presently available in Chad.

Regarding the mite *P. latus*, pyrethroids are well-known to be ineffective (ANGELINI, 1976; DELATTRE, 1978). This has been noted in Chad in 1978 whereas infestations were very rare before. Since 1978, the appearance of leaf symptoms of acariosis has been earlier and attacks have become heavier.

Active ingredients (1978 test)	Number of acariosis affected plants on 960 m <sup>2</sup>
endosulfan-DDT-methyl-parathion*	1
deltamethrin 12 g/ha	89
fenvalerate 60 g/ha	49
cyparmethrin 45 g/ha	136
permethrin 150 g/ha	117

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

### PRODUCTION OF SEED COTTON AS AFFECTED BY PYRETHROID PROTECTION

Since pyrethroids have been experimentally used to protect the reproductive phase of the cotton plant, they have given identical seed cotton productions each year. Split picking show that the boll opening period is shorter. This is not observed with active ingredients of other families. There is a larger early production which is often statistically significant. However, if the rain deficient year 1977 is not taken into account, productions of seed cotton are often equivalent. These results have been obtained each year in the Bébedja station, as shown in the following table.

Active ingredients	1976		1980		1981	
	P 1 kg/ha	T P kg/ha	P 1 kg/ha	T P kg/ha	P 1 kg/ha	T P kg/ha
endosulfan-DDT-methyl-parathion*	780 b	2,337	695 b	2,795	1,160	2,826
deltamethrin 12.5 g/ha	998 a	2,179	970 a	2,679	1,442	2,651
CV %	15.6	16.5	19.5	11.3	20.0	9.5
F	5.29		4.13	0.76	1.3	1.83

P 1 first picking.

T P total production.

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

It appears that the excellent effectiveness of pyrethroids on the major pests does not lead to an increased yield. This contradiction has already been stressed in the introduction. Similar results have been obtained in other countries: THEWYS reports an early production in Senegal and in the Central African Republic, CAUQUEL and GUILLAUMONT put forward the hypothesis of a depressive action of pyrethroids on the fructification of the cotton plant.

### Analysis of earliness

To explain the early production observed with pyrethroids, we have worked out in 1978 the mean duration of boll development at different dates of the flowering cycle (from flower opening to boll dehiscence). Regarding the variety SR 1-F4, there was no difference between pyrethroids and first generation active ingredients. As the duration of boll development was the same, other causes had to be sought for to explain early production.

A test conducted in 1981 showed that production was more or less early according to the variety used but that the maturity of the fiber produced (measured by micronaire value) was always better when pyrethroids were applied. This result is more obvious for first picking cottons.

Varieties	Seed cotton production at first picking kg/ha	
	application of pyrethroids	application of endosulfan-DDT-methyl-parathion*
Y 1422	1,814	1,336
SR 1-F4	2,703	1,883
MK 73	1,722	1,284

Average for  
9 varieties .....  
FT = 5.48.

2,000.3 a

1,524.5 b

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

Varieties	Increase in first picking production with pyrethroid protection (%)
SR 1-F4	19.34
PAN 575	18.47
J 331	16.58
Y 1422	14.11
MK 73	12.85
K 135	10.16
Reba P 279	7.52
LYL 35	5.52

Varieties	Successive pickings	Micronaire value	
		application of pyrethroids	application of endosulfan-DDT-methyl-parathion
Y 1422	P 1	3.74	3.51
	P 2	3.46	3.42
	P 3	3.46	2.94



Varieties	Successive pickings	Micronaire value	
		application of pyrethroids	application of endosulfan-DDT-methyl-parathion
SR 1-F4 ..	P 1	4.28	4.34
	P 2	4.30	3.94
	P 3	4.30	3.98
MK 73 ....	P 1	3.92	3.80
	P 2	3.88	3.59
	P 3	3.56	3.35

P 1 first picking.

P 2 second picking.

P 3 third picking.

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

But, as shown by an experiment performed in 1981, the larger number of bolls appearing in early fruiting cycle cannot result from a more condensed flowering cycle. The following table shows that the flowering levels are identical, being protection either with pyrethroids only or with active ingredients of other families. The flowering level is the average of the number of fruiting branches carrying a flower of the day on bud one.

Active ingredient	Flowering level on				
	August 10th	August 25th	Sept. 9th	Sept. 24th	Oct. 9th
endosulfan-DDT-methyl-parathion .....	0.40	3.00	5.31	9.04	5.59
deltamethrin .....	0.93	3.13	5.74	8.25	9.70
F .....	0.98	0.63	1.24	0.60	0.03

In 1980, labelling the flowers showed that the first flowering weeks were all the more important in production since pyrethroids were applied; for instance, more than half of the total production results in this case from the first four flowering weeks.

Active ingredients	Relative importance of the first flowering weeks in production (%)			
	1st week	2nd week	3rd week	4th week
endosulfan-DDT-methyl-parathion .....	0	3.1	14.1	20.0
deltamethrin .....	1.6	14.2	20.9	22.3

This explains differently the early production observed when pyrethroids are used. The hypothesis of a higher average weight of sound bolls should be rejected since the opposite is often observed when

pyrethroids are applied (RENOU, 1981). Only the hypothesis of a larger number of flowers giving bolls had to be checked. As a matter of fact, we observed in 1980 that, with similar average boll weights, the number of fertilized flowers giving bolls was higher when pyrethroids were used.

Active ingredients	Boll set (bud 1) on the first fruiting branches (%)				
	branch 1	branch 2	branch 3	branch 4	branch 5
endosulfan-DDT-methyl-parathion* .....	81.9	80.0	58.1	68.1	67.5
deltamethrin 12.5 g/ha ..	75.1	80.6	80.0	81.9	81.3

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

As to complete this analysis, it was observed that the amount of flowers in early cycle was larger when pyrethroids were applied. However, this advantage is often low and very rarely stressed statistically.

Active ingredients (1980 test. Beginning of flowering on August 14th) %	Number of flowers in thousands per ha		
	from Aug. 14th to Aug. 30th	from Aug. 30th to Sept. 13th	from Sept. 13th to Sept. 27th
endosulfan-methyl-parathion* ..	76.1	397.7	508.2
deltamethrin 12.5 g/ha .....	79.9	441.6	549.1
CV % .....	39.2	16.5	9.7
Ft .....	0.46	1.30	0.95

\* This compound was used at the rate of 600-600 and 300 g/ha for each active ingredient.

Active ingredients (1981 test)	Number of flowers of the first four weeks, in thousands per hectare	
	endosulfan-DDT-methyl-parathion*	deltamethrin 12.5 g/ha
fenvalerate 60.0 g/ha .....	349	419
cypermethrin 36.0 g/ha .....	370	370
cypermethrin high cis 30.0 g/ha ..	400	397
tralomethrin 15.0 g/ha .....	389	389
Ft .....	2.85	14.5 %
CV .....	14.5 %	

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each ingredient.

Consequently, what we regarded as early production results from a different distribution of production, as shown in figure 1. Thanks to the exceptional effectiveness of pyrethroids on the pests of fruiting points, cotton plants can retain more squares in early cycle and have thus a larger number of flowers, and therefore of bolls, formed during this phase.

#### Analysis of the contradiction effectiveness-production

After visual and localized observations of symptoms of potassium deficiencies after pyrethroid applications, the hypothesis of insufficient nutrition connected with a shorter boll opening period has been put forward. The experiment conducted in 1981 on increasing applications of fertilizers according to two types of protection did not allow us to explain

the contradiction between the biological effectiveness of pyrethroids and seed cotton production. The comparison of two types of protection, either with pyrethroids or first generation insecticides, shows that, for high doses\*, the additional early production of 538 kg/ha obtained with pyrethroids drops to 281 kg/ha, total production being considered.

Seed cotton production, kg/ha			
application of pyrethroids (deltamethrin)		application of endosulfan-DDT- methyl-parathion	
P 1	T P	P 1	T P
1,293	2,934	755	2 653

P 1 first picking.

T P total production.

\* 250 kg/ha of a compound HPKS (19 : 12 : 19 : 6 : 1.8)

+ 50 kg/ha urea

+ 50 kg KCl at sowing ;

75 kg/ha urea + 75 kg/ha KCl on day 45 ;

50 kg/ha urea + 50 kg/ha KCl on day 75.

All these results seem to suggest that, when pyrethroids are applied, the possibilities of production in late cycle are reduced as compared with first generation insecticides. It seems in this case that phenomena regulating the production of fruiting points allow them to offset the production losses occurred in early cycle because of an inferior insecticide protection. These phenomena, that we call compensation phenomena, would be stopped or reduced when pyrethroids are used. The results shown in the following table indicate that, as from the tenth fruiting branch, the number of bolls present on the fruiting branches is lower with pyrethroids.

Active ingredients	Boll set (bud 1) on the last fruiting branches				
	branch 10	branch 11	branch 12	branch 13	branch 14
endosulfan-DDT-methyl- parathion* .....	75.6	72.5	69.1	63.1	46.3
deltamethrin 12.5 g/ha ..	71.3	70.0	51.9	41.3	30.5

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each active ingredient.

This result is the consequence of a larger non-parasitic postfloral abscission in late cycle when cotton plants are protected by pyrethroids. This is clearly illustrated by the following table :

Active ingredients	Physiological postfloral abscission in thousands of bolls per hectare		
	from Aug. 14th to Sept. 13th	from Sept. 13th to Sept. 27th	from Sept. 27th to Oct. 11th
endosulfan-DDT-methyl- parathion* .....	25.0	101.3	153.6 b
deltamethrin 12.5 g/ha .....	23.4	135.2	199.9 a
Pt .....	0.33	3.16	3.33
CV .....	41.4	34.4	17.7

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each ingredient.

We have also observed that the number of flowers in late cycle is lower when pyrethroids are applied. But these results are in general difficult to analyse statistically.

Active ingredients	Number of flowers in late cycle in thousands/ha	Prefloral abscission in late cycle in thousands/ha
endosulfan-DDT- methyl-parathion*	320.0	24.9
deltamethrin 12.5 g/ha .....	272.4	23.5
fenvalerate 60.0 g/ha .....	281.6	24.2
cypermethrin 36.0 g/ha .....	267.3	19.8
Pt .....	1.18	0.68
CV .....	21.3	32.1

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each ingredient.

Compensation phenomena are often accompanied by an increased size of the cotton plants. It should be noted that, in the case of pyrethroid applications where these phenomena do not occur, the cotton plants are smaller.

Active ingredients	Size of the cotton plants at harvest time cm
endosulfan-DDT-methyl-parathion* .....	148.2
monocrotophos-DDT** .....	149.9
deltamethrin 12.5 g/ha .....	131.1
fenvalerate 75.0 g/ha .....	135.5
cypermethrin 36.0 g/ha .....	134.6

\* Compound used at the rate of 600-600-300 g/ha for each ingredient.

\*\* Compound used at the rate of 300 and 900 g/ha for each active ingredient

To sum up, there is no compensation phenomena when pyrethroids are applied. But it was important to check whether this was due to the high production at the bottom of the plant or to a direct action of pyrethroids on the physiology of the cotton plant.

Two experiments carried out in 1981 and 1982 proved that the absence of compensation phenomena was actually due to the high production at the bottom of the plant.

	Production, kg/ha (application of pyrethroids)
No flower is suppressed .....	3,009.6
1981 The flowers of the first week are SR 1-F 4 suppressed .....	3,348.6
The flowers of the first two weeks are suppressed .....	3,101.4
The flowers of the first three weeks are suppressed .....	3,164.5
Pt = 2.03 CV = 11.02	
No flower is suppressed .....	3,251.0
The flowers of the first week are suppressed .....	3,234.0
1982 The flowers of the first two weeks MK 73 are suppressed .....	3,223.0
The flowers of the first three weeks are suppressed .....	3,428.0
The flowers of the first four weeks are suppressed .....	3,239.0
Pt = 0.74 CV = 9.58	

## DISCUSSION

These results are closely linked to environmental conditions and should therefore be considered as relative. The expression of compensation phenomena has been made possible by particular conditions: favourable pluviometry and ideal cropping conditions which allowed high yields to be obtained.

Pluviometry was over 1,000 mm except in 1977. The contradiction effectiveness-production did not appear this year and pyrethroid protection gave the best yields. The pluviometric deficit observed during this crop season made the compensation phenomena less intense, favouring thus pyrethroid protection.

Active ingredients (1977 test)	Seed cotton yield (kg/ha)	
	P 1	T P
endosulfan-DDT-methyl-parathion .....	1,470 b	2,157
deltamethrin 12.5 g/ha .....	1,853 a	2,327
Ft .....	3.42	0.9
CV % .....	15.2	11.1

Besides, fertilization and soil potentialities have certainly favoured the expression of compensation phenomena. Even in the Bébedjia station for instance, when no mineral fertilizer was applied, pyrethroids kept during the cycle the advantage they had acquired by early production. This is clearly illustrated by the following table:

Active ingredients (Test performed with no fertilization)	Seed cotton production (kg/ha)	
	P 1	T P
endosulfan-DDT-methyl-parathion* .....	392	1,340
deltamethrin .....	689	1,667

\* Compound used at the rate of 600-800-300 g/ha for each active ingredient

Outside the Station, under cropping conditions often inferior (low mineral fertilization and soil potentialities) this type of results is often observed: pyrethroid protection gives the best yields.

Active ingredients	Seed cotton production in kg/ha and by locality					
	Karoual 1977	Bakao 1977	Moundou 1977	Tilo 1977	Badaya 1978	Moundou 1978
endosulfan-DDT-methyl-parathion* ..	873 b	1,930 b	1,796	938	1,187	740 b
deltamethrin 12.5 g/ha .....	1,055 a	2,161 a	1,932	1,003	1,331	1,030 a
CV % .....	13.9	10.2	9.9	19.9	18.6	15.2
F .....	3.67	2.70	1.40	0.2	0.72	6.74

\* Compound used at the rate of 600-800-300 g/ha for each active ingredients.

Lastly, the contradiction between the effectiveness of pyrethroids on bollworms and production could also result from deficiencies in their spectrum of control. It has often been shown that adding an appropriate organophosphosphate making up the deficiencies of the pyrethroid used alone gave a statistically significant increase in production.

Active ingredients (1980)	Seed cotton production (kg/ha)
cypermethrin .....	2,913 b
cypermethrin + profenofos 300 g/ha .....	3,319 a
F .....	19.86

Active ingredients (1981)	Seed cotton production (kg/ha)
cypermethrin high cis .....	1,964.4 b
cypermethrin high cis + profenofos 300 g/ha .....	2,291.4 a
F .....	6.58

Active ingredients (1982)	Seed cotton production (kg/ha)
pyrethroid alone .....	3,249
pyrethroid + organophosphate .....	3,530

The organophosphate added to the pyrethroid improves the control of leafworms and, according to its nature, that of *A. gossypii* and *B. tabaci* and/or *P. latius*. The increase in production which is more obvious in the last picking could result from a better plant protection since the levels of population of each species is generally low.

## CONCLUSION

Synthetic pyrethroids are particularly effective against the bollworms existing in Chad, which are the major pests met with in this country; with the

use of these active ingredients, we expected logically an increased seed cotton production. This never occurred in good cropping conditions. Pyrethroids

are very effective to protect the first fruiting points formed: they give a high production at the bottom of the plant, favouring earliness. In late cycle, the production of fruiting points is on the opposite reduced. This is explained by a shorter boll opening period which has an inhibitive effect. However, it should be noted that under inferior cropping conditions, this contradiction effectiveness-production is not observed, because pyrethroid protection gives the best yields. Besides, using organophosphates (combined with a pyrethroid) makes up the defi-

ciencies of the spectrum of control of the pyrethroids (especially regarding leafworms, some Hemiptera and *P. latus*), giving thus non negligible production gains.

In conclusion, the use of pyrethroids is relevant in cotton growing but applying them alone during a whole protection season can prove dangerous. That is why they should be added to organophosphates, if only to make up the deficiencies of their spectrum of control and avoid thus inverting the entomofauna.

### RESUMEN

Los piretroides están experimentados en el Chad desde 1976 para la protección insecticida de la fase fructífera del algodón; se revelan excelentes contra los insectos presentes (*H. armigera* y *D. watersi*) pero la producción de algodón rama no refleja esta eficacia. Los piretroides son muy eficaces para proteger los primeros órganos frutales formados: dan una producción elevada a la base de la planta, favoreciendo la precocidad. Este fenómeno reduce las posibilidades de producción ulterior, dando una pro-

ducción baja en la parte superior. A causa de este mecanismo de regulación provocado por una protección excesiva al principio del ciclo, los piretroides utilizados solos no dan los rendimientos prometidos por su eficacia. Sin embargo, mientras la explicación fisiológica nos parece esencial, la ineficacia de los piretroides contra ciertos insectos (sobre todo *A. gossypii*, *B. tabaci* y *P. latus*) también es importante para explicar esta contradicción que aparece especialmente en buenas condiciones de cultivo.